

Conferencia técnica

RECURSO EÓLICO

Chile 2025

Series Temporales vs. Método Weibull: impacto en la precisión de estudios energéticos en proyectos eólicos

Presentador

Cristian Monje

ANABATICA
RENOVABLES

Mayo 2025



Objetivos

Equipo
Anabática

Marco
Teórico

Metodología

Resultados

Incorporación
de BESS

Comentarios
Finales

01.

02.

03.

04.

05.

06.

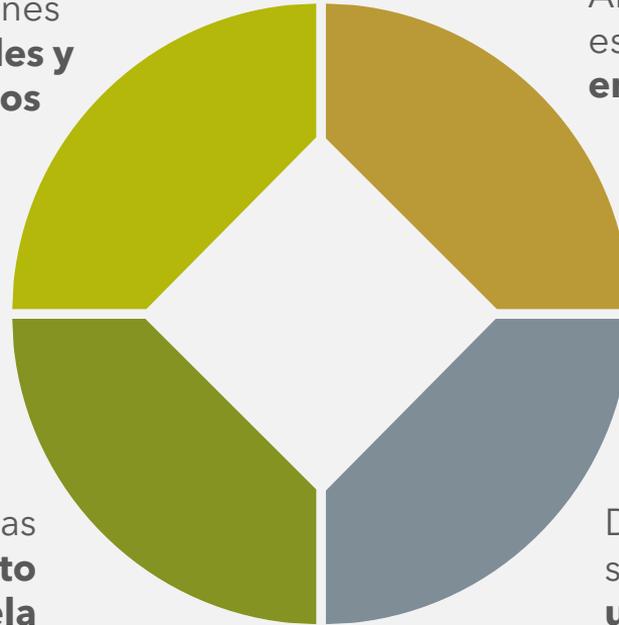
07.

Analizar las ventajas de utilizar **series temporales** para el cálculo de energía en proyectos eólicos

Objetivos

Comparar simulaciones con series **temporales y métodos estadísticos**

Analizar el impacto en la estimación de la **producción energética**



Estudiar las diferencias en las estimaciones por **efecto estela**

Determinar las ventajas de las series horarias para **otros usos** en el desarrollo de proyectos eólicos

01.

Equipo **multidisciplinario** con más de 30 especialistas



Ricardo González Romero
CEO



Alfonsina Galati
Gerente de Desarrollo



Rodrigo Novas
Gerente Técnico



Patricio Quijada Vergara
Gerente de Ingeniería y Construcción



Augusto Lantaño
CFO



Marco Zazzini
Gerente General Adjunto

- Ingenieros civiles
- Ingenieros eléctricos
- Ingenieros mecánicos
- Ingenieros estructurales
- Especialistas ambientales
- Expertos en políticas
- Matemáticos
- Ingenieros de software
- Desarrolladores de proyectos

Alianzas

Trabajando en conjunto con asociaciones, universidades y expertos del mercado.

Método de cálculo

El pronóstico de producción de energía determina la financiación, diseño y contratos de PPA de un parque eólico.

Surge la necesidad de técnicas y metodologías que representan de la forma **más realista la variabilidad de la generación de energía.**

Los modelos requieren un **input de recurso eólico.**

WB

Dimensión temporal: 0-D.

Requisitos de datos: 12 meses de medición, según buenas prácticas de la industria.

Simplicidad: Era utilizado en el pasado por su simplicidad de cálculo y menor uso de recursos computacionales.

Pérdida de información: Se pierde información de la dimensión temporal

TS

Dimensión temporal: 1-D.

Requisitos de datos: 12 meses de medición, según buenas prácticas de la industria.

Ventaja: Precisión y riqueza en el análisis, captación de efectos temporales.

Recursos: Requiere un mayor poder de cómputo, sin embargo, no es restricción para las capacidades actuales.

Enfoque clásico - Distribución Weibull

Marco
Teórico

WB

Resume la cronología temporal en un histograma de frecuencias, con una función de densidad de probabilidad que se ajusta con 2 parámetros: **k** y **A**.

k: determina la forma de la distribución.

A: determina la distribución a lo largo del eje x.

No conserva la secuencia temporal: Pierde estacionalidad, rampas y correlación hora a hora.

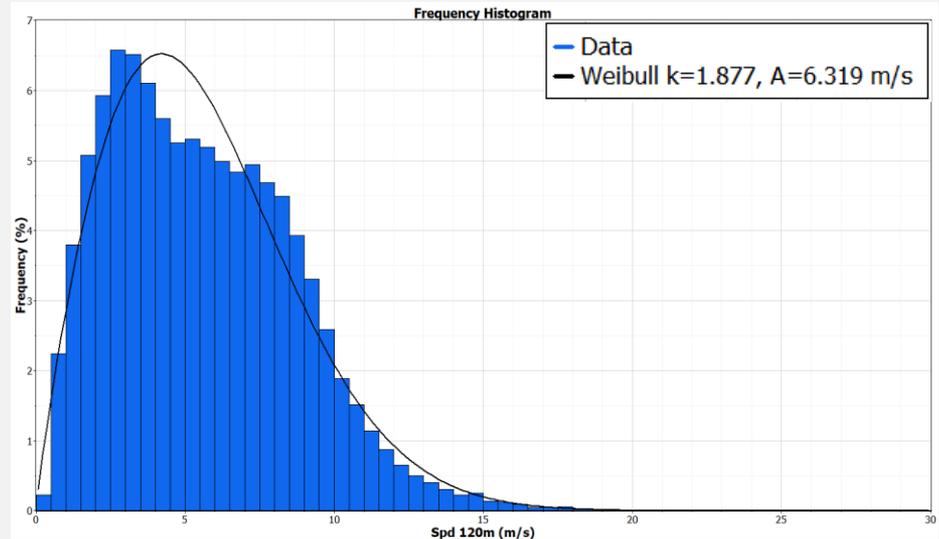


Figura 1. Distribución Weibull para un mástil de medición, velocidad vs frecuencia.

03.

Enfoque actual - Time Series

Marco
Teórico

TS

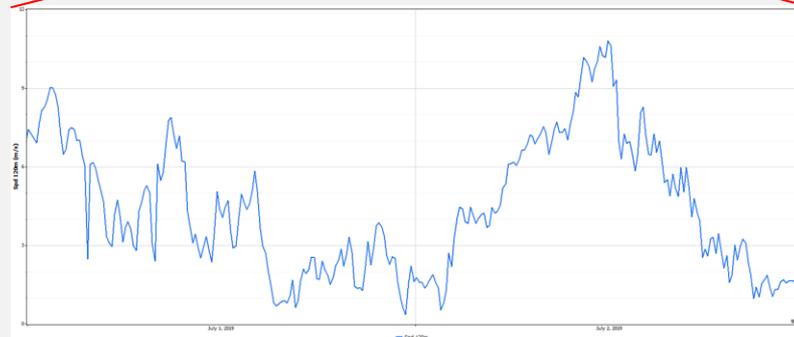
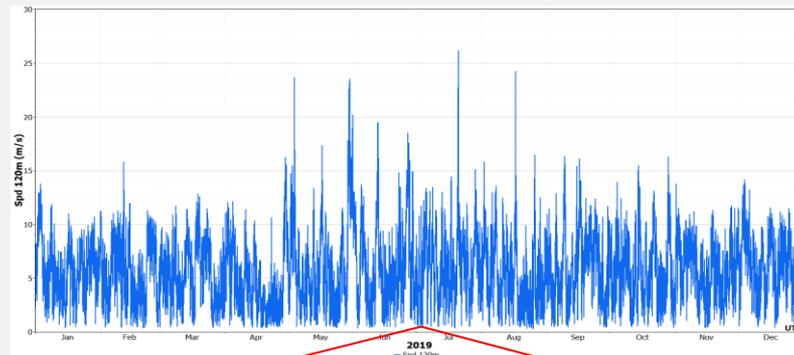
Se utiliza toda la información de la serie diezminutal u horaria medida o reconstruida para todo el horizonte del análisis.

Se independiza de la estadística y permite conservar información de estacionalidad y eventos extremos.

Permite identificar eventos de pérdidas por **histéresis en altos vientos** y/o **derating**.

Permite modelar efectos medioambientales como **shadow flicker** y **ruido**.

Figura 2. Time series para un mástil de medición, velocidad vs tiempo.



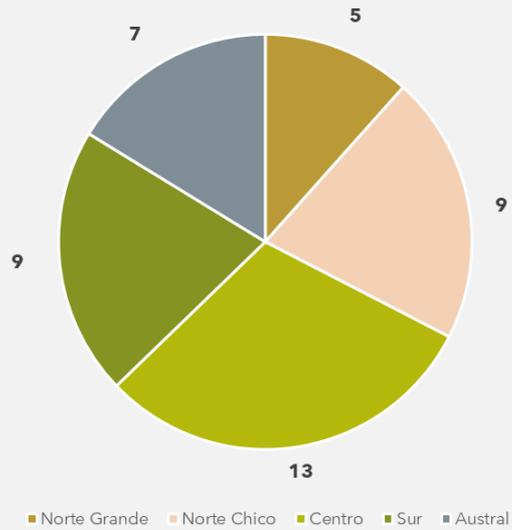
03.



Datos utilizados

Se seleccionaron **43** mástiles de medición en Chile con al menos **1 año de datos medidos y filtrados** según las buenas prácticas de la industria.

Mástiles de medición por zona



Modelación

Se realizaron **mapas de viento** utilizando los datos de mástiles mencionados.

El *layout* consideró una grilla de **9 máquinas V162 6.2 MW**.

El objetivo de la grilla fue determinar el efecto de la rotación del recurso en el **efecto estela**, y si el cálculo de este efecto depende del método.

Las capturas de energía se realizaron utilizando las **metodologías Weibull y Time series**.

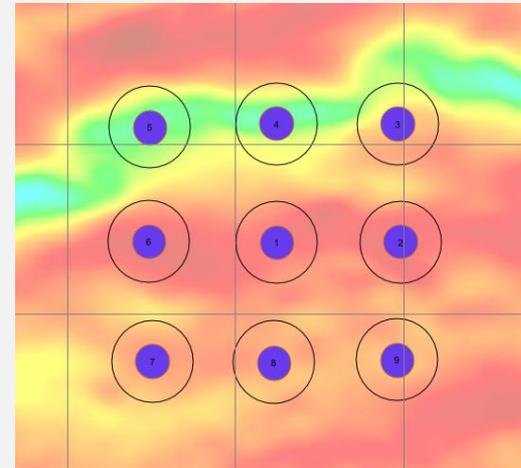


Figura 3. Generación anual WB vs TS.

Annual energy production

Resultados

Diferencia porcentual respecto a la generación anual.

Se presenta discriminación entre la densidad de aire en el sitio y la zona de estudio.

05.

Simulación time series (TS) vs Weibull. Diferencia porcentual

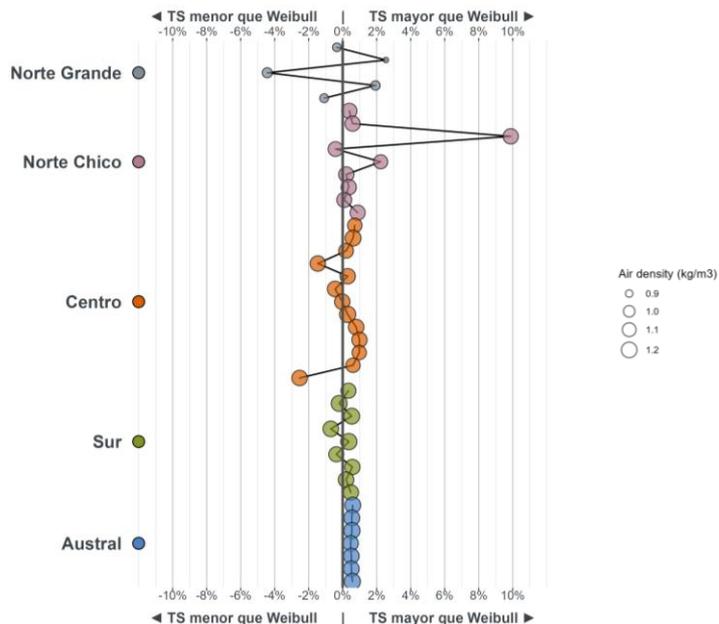


Figura 4. Generación anual WB vs TS.

Pérdidas por efecto estela

Resultados

Impacto del método de cálculo en la pérdida por efecto estela.

05.

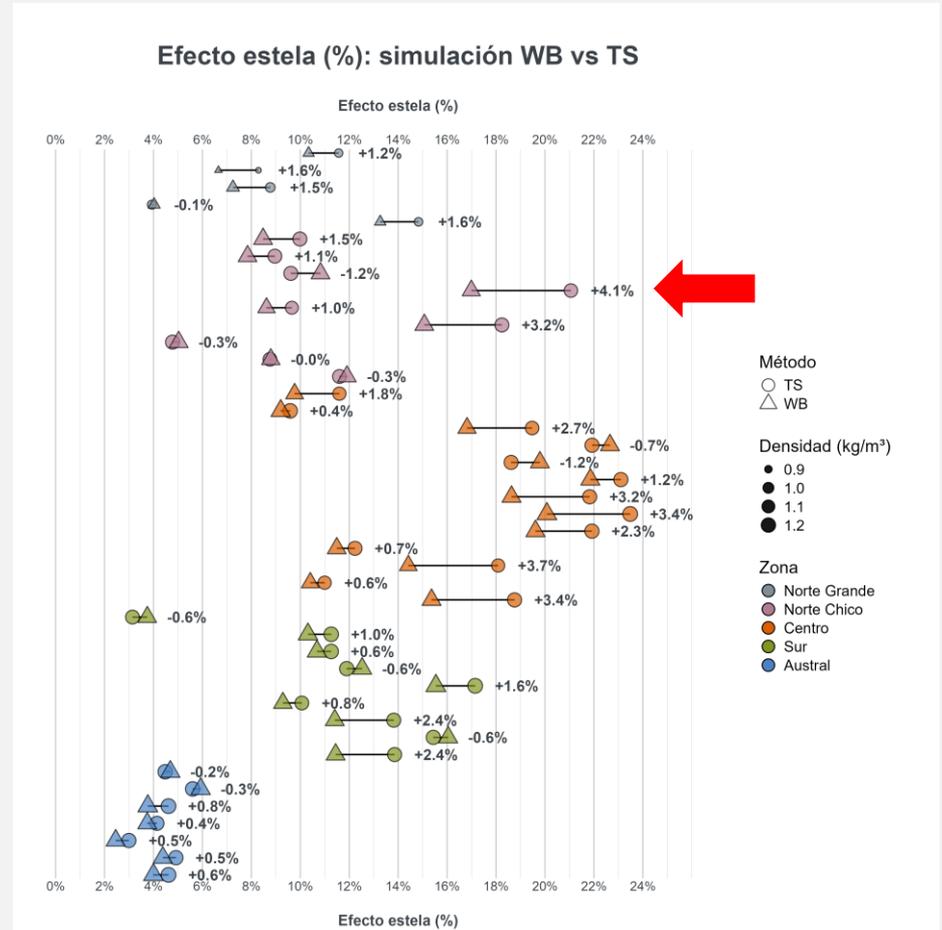


Figura 5. Pérdida por efecto estela WB vs TS.

Comparación caso particular

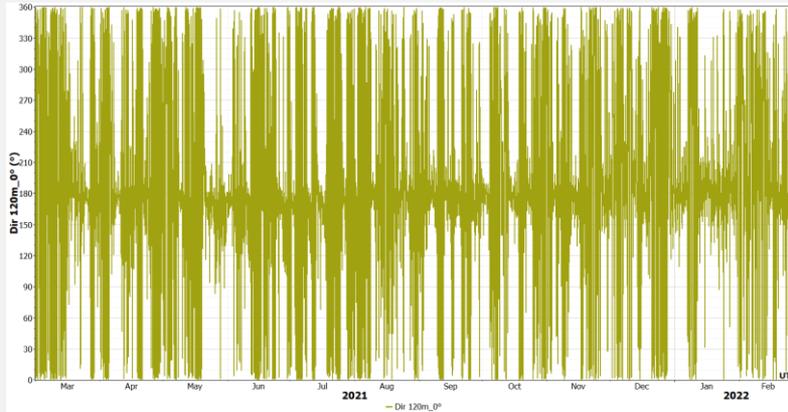


Figura 6. Time series de dirección.

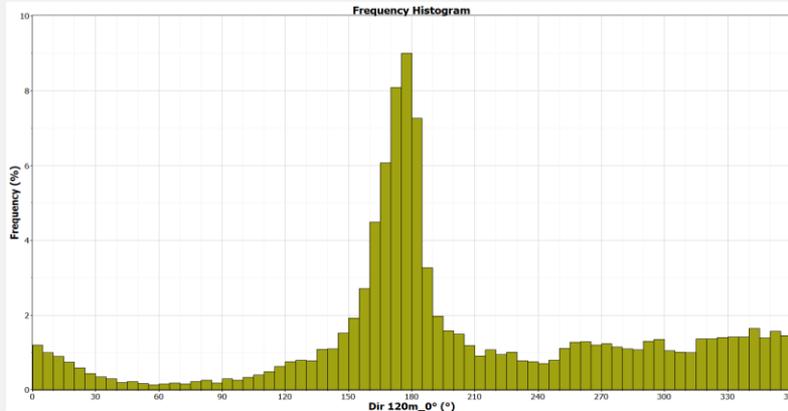


Figura 7. Histograma de dirección.

El cálculo de pérdida por estela es muy sensible a la dirección del recurso.

En este caso particular, las pérdidas corresponden a:

Time series: 21.1%

Weibull: 17.0%

Representa una diferencia de **4.1%**, lo cual energéticamente es un impacto significativo.

Comparación caso particular

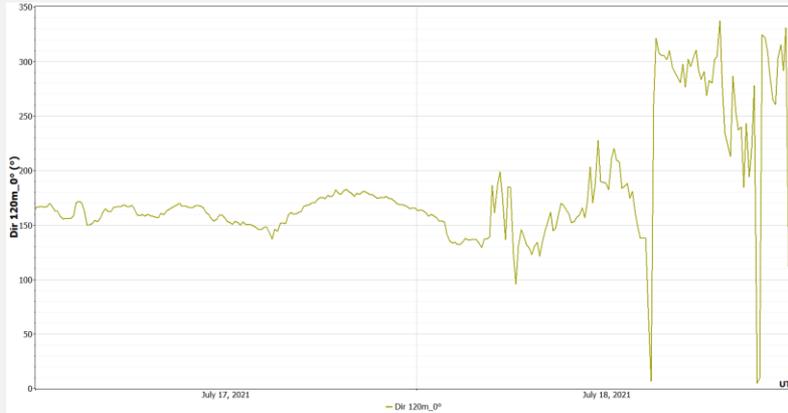


Figura 6. Time series de dirección.

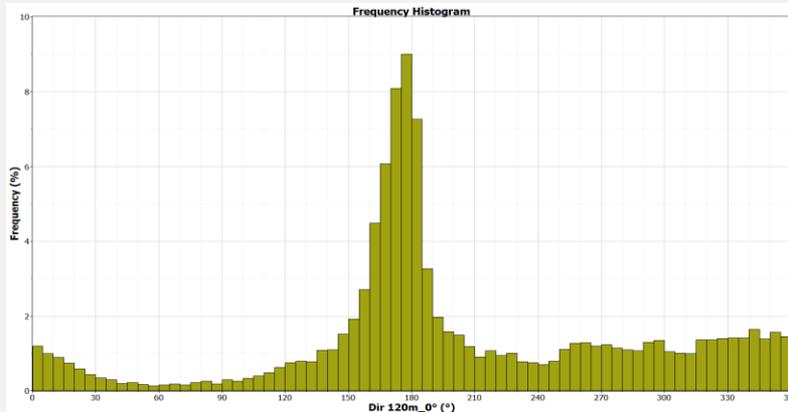


Figura 7. Histograma de dirección.

El cálculo de pérdida por estela es muy sensible a la dirección del recurso.

En este caso particular, las pérdidas corresponden a:

Time series: 21.1%

Weibull: 17.0%

Representa una diferencia de **4.1%**, lo cual energéticamente es un impacto significativo.

Importancia

- Estabilidad de red
- Transmisión
- Gestión de demanda
- Almacenamiento de generación renovable

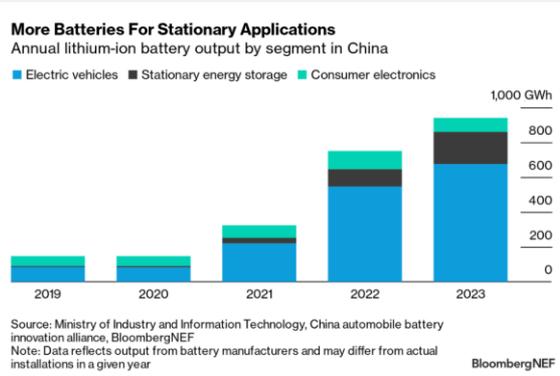
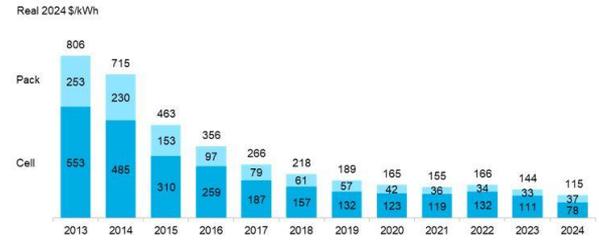


Figure 1: Volume-weighted average lithium-ion battery pack and cell price split, 2013-2024



Source: BloombergNEF. Note: Historical prices have been updated to reflect real 2024 dollars. Weighted average survey value includes 343 data points from passenger cars, buses, commercial vehicles and stationary storage.

CU/SAR BESS

INPUTS



**DEFINICIÓN RANGO
POTENCIA Y HORAS**



**ITERACIÓN DE COMBINACIONES
OPTIMIZANDO OPERACIÓN**



**CÁLCULO ECONÓMICO
VAN, TIR, LCOS**



**SOLUCIÓN
OPTIMA**

-INPUTS-

PROYECCIONES

GENERACIÓN

DEMANDA*

PRECIOS DE ENERGÍA

DATOS

COSTO DE INVERSIÓN

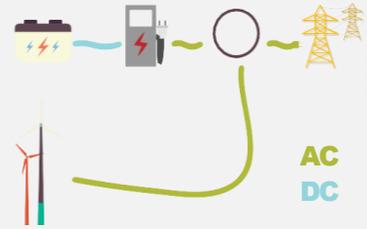
CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO

CURVA DE DEGRADACIÓN

ESPECIFICACIONES Y SUPUESTOS TÉCNICOS

**Simulación con paso
horario**

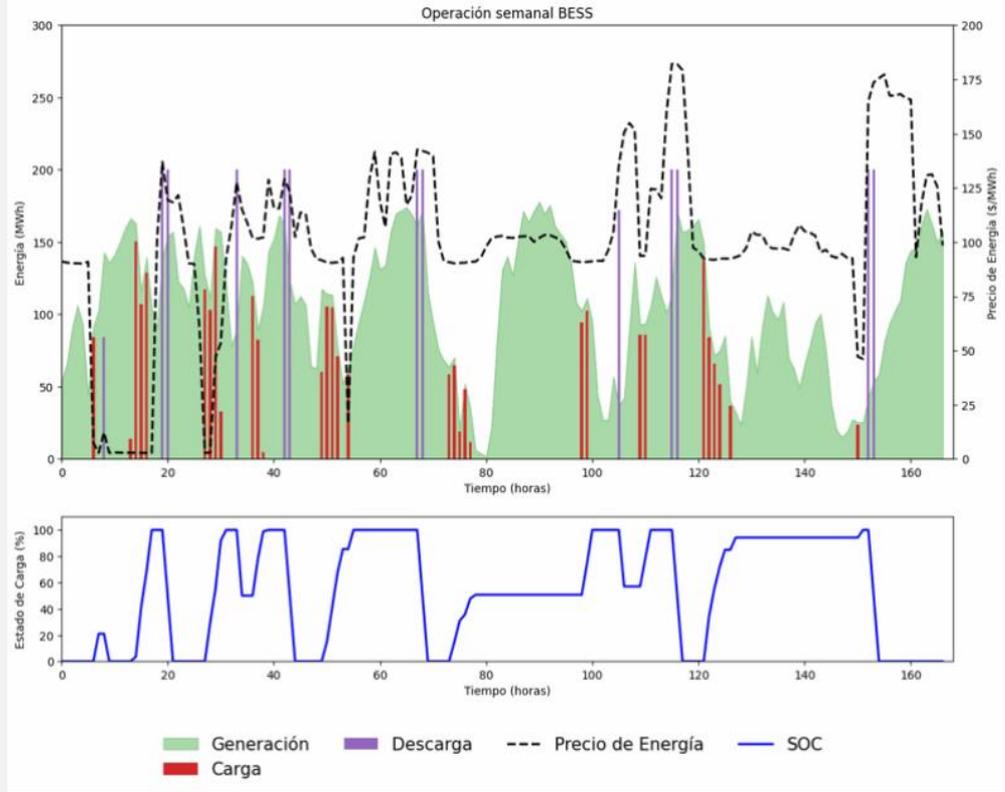
Incorporación de BESS



- **30 años de simulación horaria**
- **50 combinaciones BESS + Wind**

06.

200 MW 2 horas

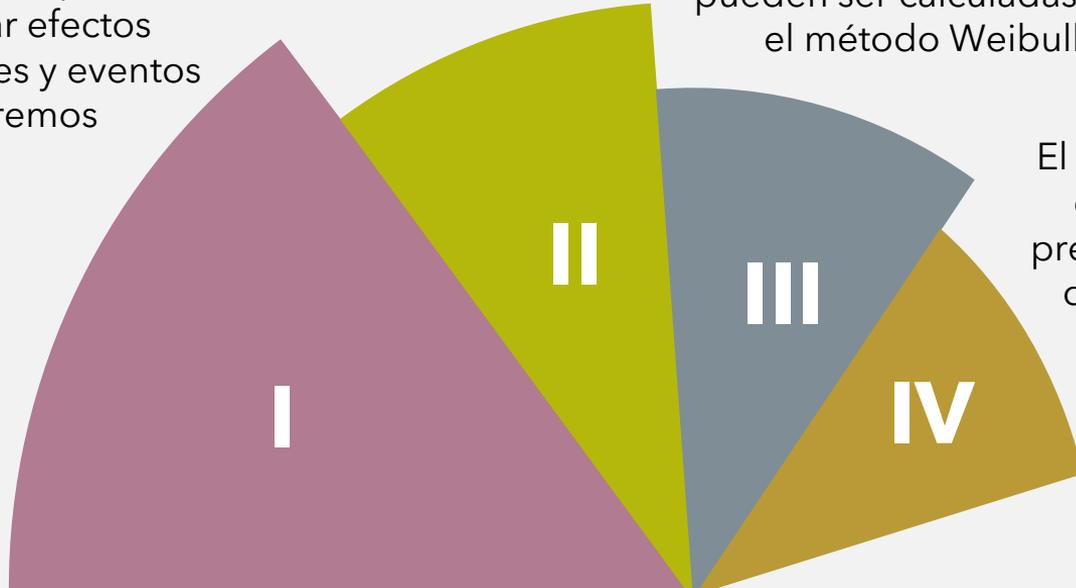


Time series permite
calcular efectos
temporales y eventos
extremos

Weibull presenta
imprecisiones en sitios
complejos y recurso
disperso, con
desviaciones de hasta
10% en el AEP

Se encontraron diferencias
en las **pérdidas por
efecto estela** entre ambos
métodos. Por otro lado,
existen pérdidas que no
pueden ser calculadas con
el método Weibull

El paso horario permite
estudiar con mayor
precisión la **hibridación**
de los proyectos y la
incorporación de
almacenamiento



Conferencia técnica

RECURSO EÓLICO

Chile 2025

Series Temporales vs. Método Weibull: impacto en la precisión de estudios energéticos en proyectos eólicos

Presentador

Cristian Monje

ANABATICA
RENOVABLES

Mayo 2025

